



Prototipo de sistema electrónico de apoyo a personas discapacitadas utilizando el acelerómetro de un móvil

Juan Carlos Cruz Hurtado

RESUMEN

Según los informes de la OMS en la actualidad existen 1150 millones de personas, entre adultos y niños, que tienen alguna discapacidad o diversidad funcional en el mundo, además del aumento de estas cifras debido al envejecimiento poblacional; siendo en Cuba, por ejemplo, del 18% la población envejecida actual. Ya para el 2030 la cantidad de personas con más de 60 años podría alcanzar 1400 millones. Por otro lado, el número de personas que padecen de ceguera puede triplicarse en el mundo hacia el año 2050. Debido a todo lo anterior es evidente el impacto que tienen los diversos sistemas que se implementen para ayudar a todas estas personas, sin contar que el 80% de las mismas se encuentra en los países más pobres del hemisferio sur. Es por ello que en este trabajo se presenta una maqueta electrónica que constituirá un sistema que asistirá a personas con discapacidad motora y visual, que utiliza un dispositivo Android para el accionamiento de algunos automatismos de un inmueble preparados para tal efecto. Estos automatismos tendrán el objetivo de accionar sistemas y dispositivos electrodomésticos en una vivienda.

Palabras claves: discapacidad físico motora, sensor de aceleración, domótica para discapacitados.

ABSTRACT

According to the of OMS reports at the present time exist 1150 million of people, among adults and children that have some functional diversity in the world, besides of the increment of theses quantity due to population aging; being in Cuba, for example, of 18% the aged current population. Already for the 2030 the quantity of people with more than 60 years old, could reach 1400millones. For the other hand, the number of people that suffer of blindness it can triple in the word toward 2050. Due all the above commented, it is evident the impact that the diverse system implemented have to help all these people, with counting that 80% of these people live in the poorest countries in the south hemisphere. For this reason in this work we present an electronic scale model for to assist to persons with both motor and visual incapacity, it that uses an Android device for the working of some house` automatism it prepared for such an effect. These automatisms will have the objective of working systems and devices appliances in a house.

Keywords: *invalid people, acceleration sensor, intelligent house for invalid people.*

Titulo en Inglés: *Prototype of Support Electronic System for Invalid Persons using Smartphone.*

1. –INTRODUCCIÓN

La discapacidad es la condición bajo la que ciertas personas presentan alguna deficiencia física, mental, intelectual o sensorial que la afectan a largo plazo en la forma de interactuar y participar en la sociedad [1].

La Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad [2], aprobada por la ONU en 2006, define de manera genérica a quien posee una o más discapacidades como persona con discapacidad. Aunque en la actualidad se maneja el término de personas con diversidad funcional, de manera que se elimine la negatividad de la definición.

En el último informe de la OMS se estima que el 15% de la población, lo que equivale a 1000 millones, vive con discapacidad o con diversidad funcional y dentro de ellas se encuentran también las personas ancianas. Los cambios demográficos en el mundo demuestran que la población de edad avanzada (más de 60 años), podría alcanzar 1400 millones de personas para el 2030 lo que implica un por ciento de personas mayores con discapacidad. También es importante señalar que hay 150 millones de niños que viven con discapacidad.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que el 80% de estas personas, con limitaciones físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, se encuentran en el hemisferio sur, en los países más pobres. Lo que hace que uno de los objetivos fundamentales, es que los diseños tengan el menor costo posible.

En el caso de las personas invidentes, un estudio publicado en la revista “Lancet global Health” plantea que el número de personas que padecen de ceguera total puede triplicarse en el mundo hacia el año 2050.

Por todo lo anteriormente expresado que los proyectos encaminados a apoyar a personas con discapacidad, son de suma importancia humanitaria y de gran impacto social.

La cantidad de trabajos de diseño dedicados a asistir a personas discapacitadas que aparece en la literatura especializada es muy amplia y diversa. Estas aplicaciones se dividen, en general, en las que se implementan en dispositivos Android solamente y las están formadas por dispositivos móviles y microcontroladores con comunicación inalámbrica entre ambos. Estos trabajos se encuentran dirigidos a los diferentes tipos de discapacidades como las visuales, auditivas y motoras [3, 4, 5]. La diferencia de estas implementaciones con el diseño propuesto en este trabajo, estriba en el alcance y complejidad de las primeras. Dichas aplicaciones utilizan las comunicaciones inalámbricas con el estándar Wifi [6], o las aplicaciones robóticas con inteligencia artificial [7] y las implementaciones, más actuales, que utilizan los comandos de voz [8, 9] para el accionamiento domótico. En el diseño propuesto se utilizó el estándar Bluetooth para la comunicación entre el dispositivo Android y el microcontrolador.

Con el desarrollo y la integración de diferentes áreas tecnológicas como la microelectrónica, la electrónica, las TIC y la automática, ha surgido la disciplina domótica que además de sustentar tres pilares fundamentales como el confort, el ahorro energético, la seguridad y las comunicaciones; también constituye una herramienta importante para las personas con discapacidad [10].

Por tanto en este trabajo el problema fundamental al que se propone dar solución, es la independencia de las personas con discapacidad para conducirse en un inmueble y poder accionar algunos aparatos y sistemas eléctricos del mismo, utilizando un diseño electrónico simple y con el menor costo posible.

En este trabajo se presenta el diseño de una maqueta electrónica que asista a personas con discapacidades motoras, de los miembros inferiores, e incapacidades visuales no severas, que utiliza un dispositivo Android para el accionamiento de algunos automatismos de un inmueble preparados para tal efecto. Dichos automatismos tendrán el objetivo de accionar sistemas y dispositivos electrodomésticos.

En la actualidad la utilización de los sensores de un “Smartphone” está asociada con el uso del escudo “1Sheeld” para Arduino. En este trabajo uno de los sensores del dispositivo Android sin utilizar dicho escudo, lo que añadiría un costo, consumo y volumen adicional al sistema. Con el diseño de una aplicación para dispositivos Android en AppInventor 2 de forma sencilla, se logró el objetivo de utilizar el “Smartphone”, asociado a un Arduino, para obtener los objetivos propuestos en el diseño. Y este es el aporte fundamental de la propuesta: un diseño de bajo costo, de bajo consumo y fácil de reproducir.

El diseño cuenta con un microcontrolador “Arduino” (en este caso un “Arduino Nano”), un módulo Bluetooth HC-05, un módulo relé KY-019 y un celular con sistema Android. Todo ello conformará un sistema electrónico, flexible, modular, reconfigurable, de bajo consumo y de bajo costo.

2.- Descripción del sistema

Debida a la bien gana popularidad que han tenido los Smartphone en la sociedad digital actual, tanto desde el punto de vista de las comunicaciones en general, el entretenimiento, los servicios, las útiles e innumerables aplicaciones, etc., también se están utilizando en el control de los sistemas electrónicos, siendo los más utilizados en general los dispositivos Android que son los más difundidos a nivel mundial.

Como ya se había comentado en la introducción, el prototipo propuesto en este trabajo cuenta con una placa “Arduino”, en este caso con un “Arduino Nano”, un dispositivo “bluetooth” para las comunicaciones entre el dispositivo Android y el “Arduino” y módulos relés para manejar las cargas deseadas. En la figura 1 se muestra un esquema del sistema.

El diseño del sistema propuesto, como se comentó, tiene como objetivo apoyar a personas con discapacidades motoras en los miembros inferiores y que pudieran tener problemas de visión no severas. Y para ello el movimiento necesario del “Smartphone” en los ejes Y y X para el accionamiento de los dispositivos domésticos, deberá ser suave y con poca inclinación lo que asegurará la sensibilidad adecuada para este tipo de personas.

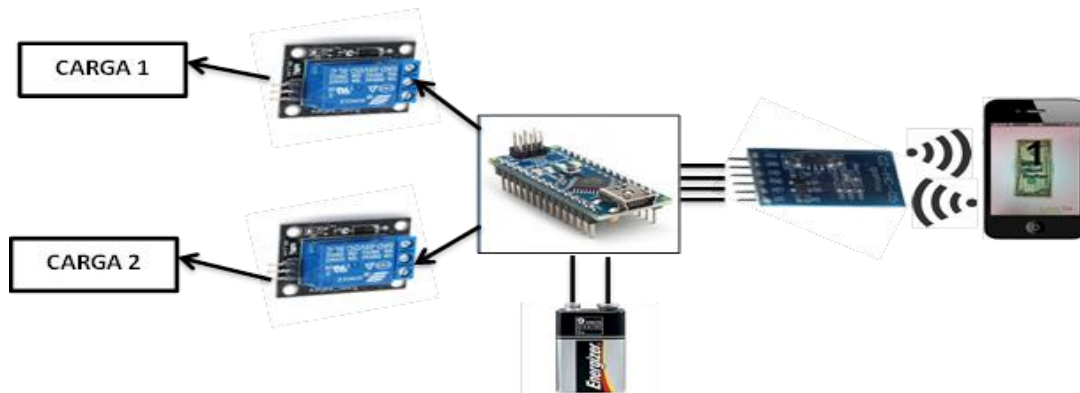


Figura 1

Diagrama en bloques general del sistema electrónico de apoyo a personas discapacitadas.

3.-Presentación del bloque electrónico propuesto

Ya en la figura 1 se había adelantado el esquema en bloques del sistema electrónico encargado de recibir las órdenes del dispositivo “Android”. Este bloque hardware es el encargado de garantizar el accionamiento de los relés que conmutaran las cargas y las conectarán a la fuente de AC. Para asegurar este accionamiento el bloque hardware cuenta con un módulo Bluetooth, uno relevador y el microcontrolador “Arduino”. Como se infiere, el esquema es bastante simple, modular y de pequeño volumen.

3.1.- Placa “Arduino”

En la figura 2 se muestra la foto de la tarjeta “Arduino Nano 3.0”, la que es una de las de menor dimensión de esta familia. Las dimensiones de dicha placa es de 4.3 x 1.78 cm. También, en esta misma figura, se muestran todos los terminales de dicha placa, tomados del “Datasheet” de la firma Maxim. A los terminales digitales se conectan los módulos de accionamiento KY-019, el módulo “bluetooth” HC-05 y los Leds de señalización de cada accionamiento. En el diseño final se utilizará el microcontrolador Atmega 328P interconectado, en un PCB, con el resto de los componentes, constituyendo una variante de menor volumen, peso y de menos consumo. [11,12]

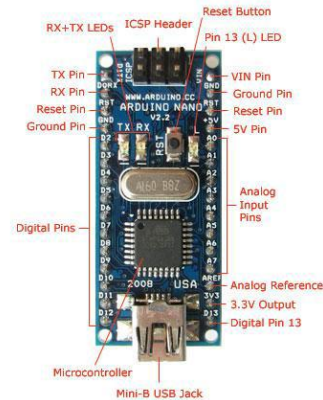
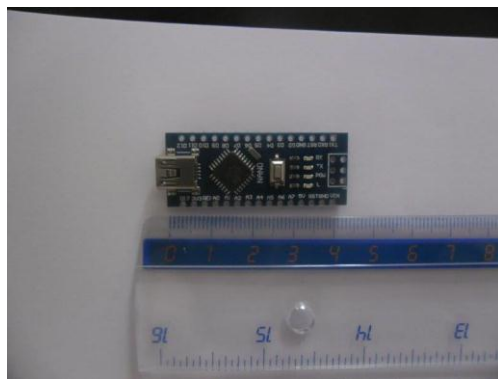


Figura 2.

Foto de la tarjeta “Arduino Nano 3.0 y de su diagrama de terminales.

Las características fundamentales de este microcontrolador son las siguientes:

Nivel de voltaje lógico de operación: 5V

Voltaje de entrada recomendado: 7-12 V.

Voltaje de entrada límite: 6-20 V

Cantidad de terminales de entrada salida digitales: 14 (6 de ellos son terminales de salida PWM: 3, 5, 6, 9, 10, 11).

Cantidad de terminales de entrada analógicos: 8.

Corriente de CD por terminal de entrada salida: 40 mA.

Memoria Flash: 32 KB de 2KB usada para el software de arranque.

SRAM: 2KB.

EPROM: 1KB.

Velocidad del reloj: 16 MHz.

La tarjeta puede alimentarse a través del puerto mini-USB, de una fuente de alimentación no regulada de 6 a 20 V y por medio de una fuente regulada externa conectada al terminal 27 de la placa.

Presenta entradas y salidas serie 0 (RX) y 1(TX), utilizadas para intercambiar datos serie.

Las salidas PWM, suministran una salida de 8bitde modulación de ancho del pulso (PWM) a través de la función `analogWrite()`;

Tiene terminales para la comunicación SPI: 10 (SS), 11(MOSI), 13(SCK).

Las 8 entradas analógicas que tiene tienen 10 bits de resolución (o sea 1014 valores diferentes). Dichas entradas miden desde 0V hasta 5V, aunque se puede cambiar el rango superior utilizando la función `analogReference()`;

También tiene terminales especiales para la comunicación I₂C la que se ejecuta a través de la librería Wirelibrary.

3.2.- Dispositivo Bluetooth

Como se conoce, el Bluetooth es un estándar de comunicación inalámbrica en la banda de frecuencia ISM desde 2400 a 2800 MHz. Se utiliza para distancias relativamente cortas, aunque en la actualidad se tienen las versiones v4.0 y 5.0 las que presentan un alcance de 50 y 240 metros respectivamente. Es un estándar que demanda de un consumo de potencia menor que el Wifi. La primera versión es la que utiliza la implementación que se propone, lo que será suficiente para realizar accionamientos en una vivienda unifamiliar estándar, por ejemplo. Por otro lado, conectado con el “Arduino Nano” está el módulo HC-05 configurable como amo o esclavo a través de comandos “AT”. Esta particularidad es muy útil para obtener diferentes aplicaciones de sistemas electrónicos inalámbricos. En la figura 3 se muestra una foto de éste módulo con su distribución de terminales. [13,14]



Figura 3.

Vistas anterior y posterior del PCB del módulo HC-05.

Existen varios comandos AT que se utilizan para configurarles otros parámetros importantes al dispositivo para su funcionamiento de acuerdo al desempeño y a las acciones que se requiere que realice [11]. Para suministrarle estos comandos se requiere que el dispositivo se encuentre conectado al “Arduino” y este a su vez conectado a la PC. Para que el módulo pase al modo AT 2 simultáneamente a que se conecte a VCC se oprime un interruptor que presenta en su PCB. La comunicación que se establece entre módulo y microcontrolador es UART RS232. En la figura 4 se observa el diagrama de conexión de este dispositivo y un “Arduino Uno”, para que se observe mejor dicha conexión, a pesar que en el trabajo se emplea un “Arduino Nano” como se comentó.

El resto de los parámetros más importantes que se le configuran al dispositivo son: la jerarquía (amo o esclavo con AT+ROLE=), el “baudrate” (10 valores posibles con AT+UART=), el modo de conexión (con AT+CMODE=) y la configuración del nivel de salida del terminal “State” (AT+POLAR=<Param>).

Es importante decir, que con estos dispositivos se pueden implementar redes (piconets) en la que se pueden comunicar hasta 8 dispositivos (un maestro y 7 esclavos). Esto propiciaría interconectar, inalámbricamente, varios sensores y actuadores que intercambiarían datos, comandos y medidas de parámetros físicos.

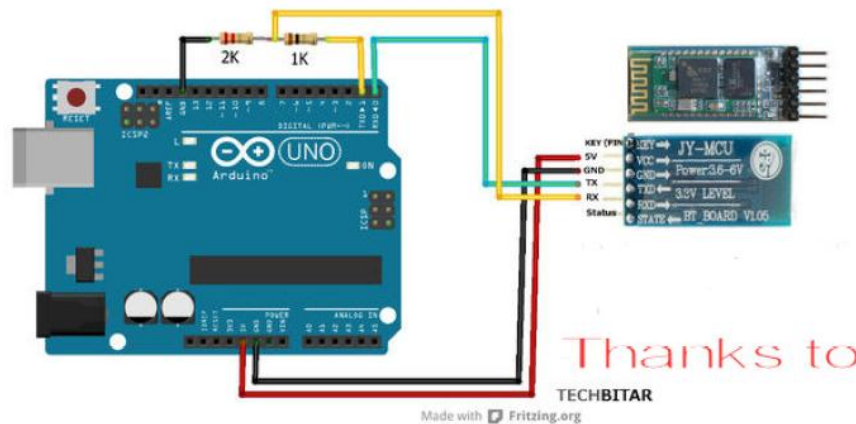


Figura 4.

Esquema de conexión de un módulo HC-05 y un “Arduino Uno”.

De la figura 4 anterior se observa el divisor de voltaje que es necesario establecer entre el terminal transmisor del “Arduino” y la entrada del terminal receptor (RX) del dispositivo. Esto es necesario para asegurar el voltaje de 3.3 V máximo que deberá suministrarse a dicho terminal.

3.3.- Dispositivo de accionamiento

El dispositivo de accionamiento debe ser capaz de manejar la corriente de cualquier electrodoméstico de la vivienda. Los dispositivos que se han utilizado en este trabajo son los módulos KY-019. Estos relevadores pueden manejar corrientes de 10 A, y mayores, a 250 VAC 0 30 VCD aunque se aconseja utilizar valores de corriente por debajo de estos valores nominales. Las entradas de estos dispositivos presentan aislamiento óptico para disminuir el ruido de la conmutación de los terminales de salida que pudieran influir en el funcionamiento del circuito de control. Dichas señales de entrada pudieran tener niveles TTL y CMOS. Un parámetro fundamental de éste módulo es su vida útil, la que viene dada por la cantidad de conmutaciones que pudiera realizar la que, para este dispositivo, se encuentra entre 10 000 y 100 000 conmutaciones. Esto último hace que para el uso que se le pretende dar, sería un elemento duradero y fiable. En la figura 5 se muestra un módulo KY-019.

El módulo (ver figura 5) cuenta con tres terminales de entrada: VCC, GND y uno de control (“S”). Los terminales de alimentación se conectan a los terminales de potencia de salida del “Arduino Nano” y el de control, a un terminal de salida PWM de éste. El dispositivo tiene tres terminales de salida: uno “NO” (normalmente abierto), uno central (“C”) y otro “NC” (normalmente cerrado). El terminal C en reposo está conectado al terminal “NC” y desconectado al “NO”. Cuando se activa el módulo, el terminal “C” invierte su conexión respecto al resto de los terminales. Esto hace que conectando convenientemente la carga y la fuente de potencia, se pueda suministrar la corriente requerida a esta.



Figura 5.

Módulo relevador KY-019.

Dentro de las características del dispositivo se pueden citar las siguientes:

Presenta aislamiento.

Voltaje de la bobina: 5V

Corriente de activación por relé: 15 a 20 mA.

Canales independientes con opto-acopladores.

Led indicador de activación para cada canal.

Tamaño: 6.8 cmX4.9cmX1.6cm.

4.- Interfaz usuario-sistema

A continuación se describe el diseño de la aplicación “Android” que debe correr en este dispositivo para que el usuario discapacitado pueda gobernar, de forma fácil y simple, los relés que se encuentran conectados al “Arduino Nano”. Para ello en la “app” que se encuentra en el celular del usuario, se utiliza el sensor de aceleración de éste último de forma tal que con inclinaciones leves del dispositivo se podrán accionar los relevadores. Sólo precisando una medida umbral en los ejes de coordenadas X, Y y Z se podrán realizar los accionamientos. Como ya se había comentado, la transmisión de los comando desde el celular al “Arduino”, se realiza de forma inalámbrica a través del estándar Bluetooth.

4.1.- Diseño de aplicación “Android”

Para el diseño de la APK a instalar en el celular se utilizó el software creado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) App Inventor 2 (AI2), el que facilita de forma sencilla crear aplicaciones para dispositivos “Android”. A esta herramienta se puede acceder de forma online y libre en la web <http://appinventor.mit.edu>, utilizando las cuentas de Google para el inicio de sesión. También se puede conseguir la versión off line para el desarrollo de las aplicaciones. [15-18]

La herramienta se utiliza a través de una página Web y se accede a un ambiente de diseño como el que se muestra en la figura 6 donde se comienza a crear el proyecto.

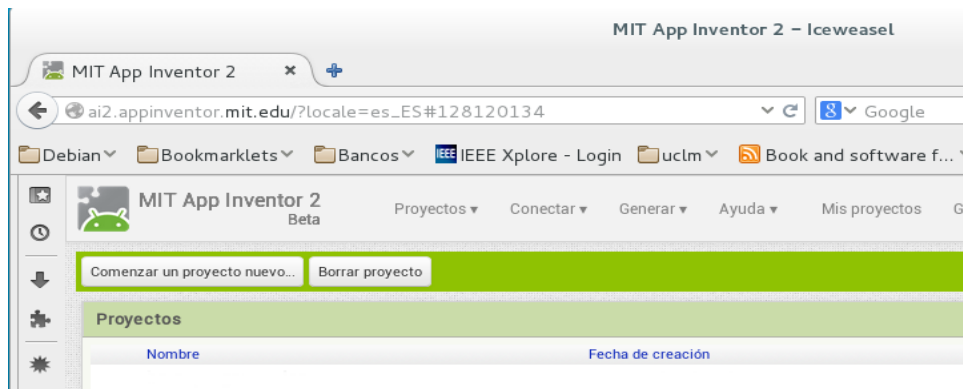


Figura 6.

Ambiente Web para la creación de proyecto.

La herramienta como tal cuenta con dos bloques para el diseño: diseñador y bloques. La sesión de diseño es donde se concibe la pantalla externa de la aplicación como muestra la figura 7. Es en esta sesión donde se pueden implementar los elementos que constituirán la “app” y configurar sus parámetros.

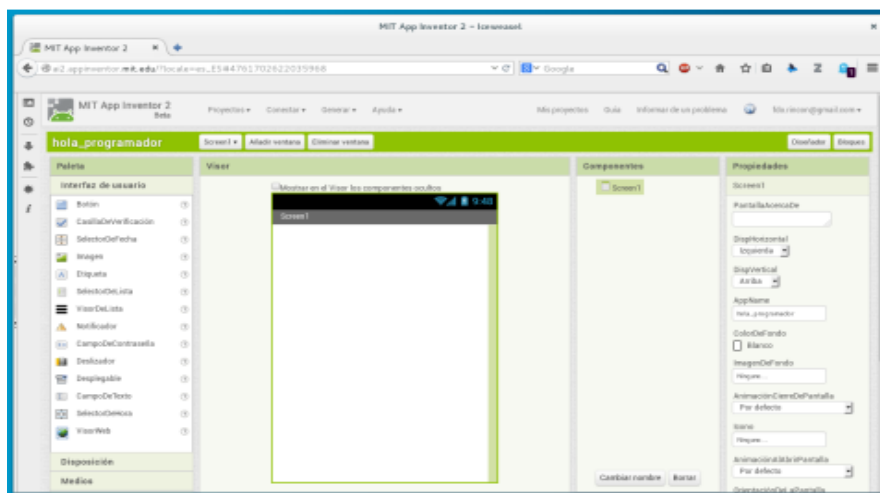


Figura 7.

Entorno de edición de la pantalla de la aplicación del software App Inventor.

Una vez que se tengan dispuestos los elementos necesarios para los requerimientos de aplicación en la sesión “Diseñador”, es necesario interconectarlos y disponerlos para que ejecuten lo que se quiere de la aplicación. Para ello se requiere de la sesión “editor de bloques” y se pulsa el botón con el texto de “bloques”. En la figura 8 se muestra el entorno de diseño de dicha sesión.

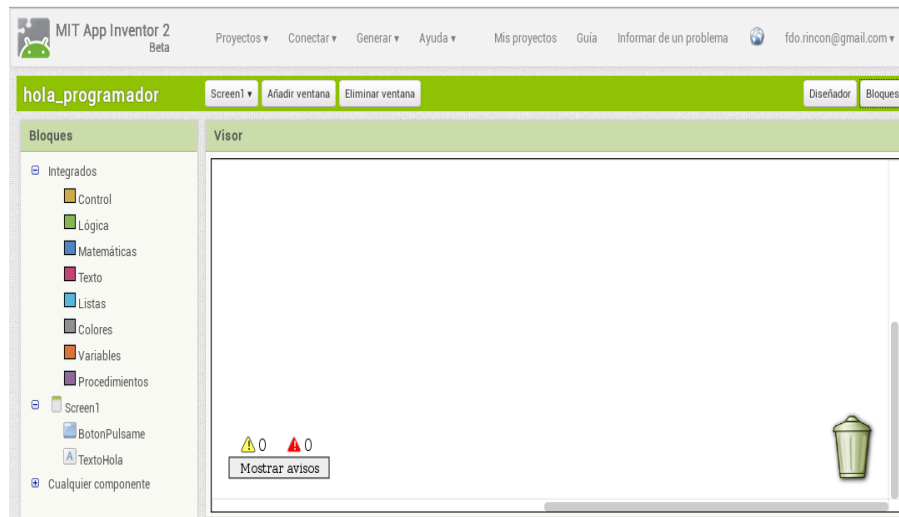


Figura 8.

Entorno de diseño de la sesión editor de bloques del App Inventor 2.

En el diseño de la aplicación para el dispositivo “Android” como tal, hay que tener en cuenta que se utiliza el sensor de aceleración y que según el valor de la gravedad que tenga, en virtud de la posición espacial del eje, este tendrá un valor determinado. En este caso se utilizan los ejes “Y” y “X”, cuyos valores se compararán con uno predeterminado y en virtud de esta comparación se enviará un carácter, vía Bluetooth, para activar o desactivar los relés. Cada activación, o desactivación del relevador, será notificada a través de un mensaje de voz, la vibración del dispositivo y el cambio del color de fondo de la figura del electrodoméstico de que se trate, en la pantalla del celular o tableta.

En el diseño de la APK el valor de gravedad predeterminado es tal que el movimiento necesario del dispositivo Android para el accionamiento del elemento de accionamiento, será muy leve y no habrá margen de error ya que será de un solo valor en cada sentido de movimiento, tanto para la habilitación del actuador como para desconectarlo. En esta propuesta se utiliza otro eje para realizar el accionamiento de otro elemento doméstico. Aunque también se pudiera haber usado otro valor de gravedad en el mismo sentido de inclinación del celular u otro. En este caso se utilizaron dos ejes para evitar un posible error.

Una característica importante que deberá tener el algoritmo de la “app” es que deberá ser consecuente con el estado actual del electrodoméstico a fin de poder apagarlo si está encendido o viceversa. En la figura 9 se muestra el diagrama de flujo de la aplicación, de manera que apoye la explicación de lo que se requiere de ella.

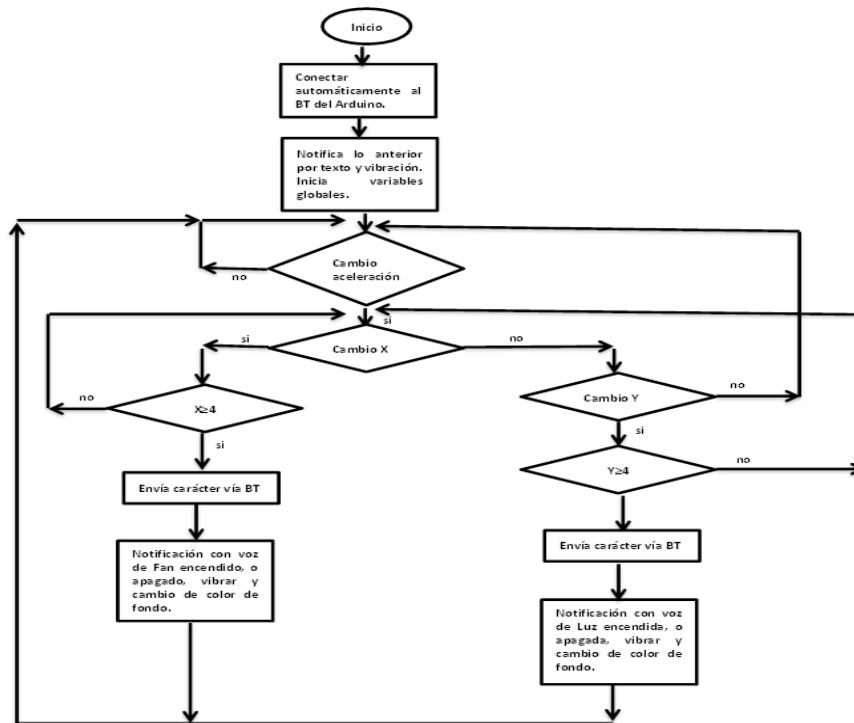


Figura 9.
 Diagrama de flujo de la aplicación “Android”.

En la figura 10 se muestra el editor Diseñador de la aplicación en cuestión. En la misma se observan las imágenes de los dos electrodomésticos que se pudieran accionar desde el celular. En este caso se conectaría a cada relevador un ventilador y el interruptor de una lámpara de techo.

En la figura 11 se muestra la foto de la aplicación desplegada en el dispositivo “Android” y se señalan los ejes “Y” y “X” utilizados del acelerómetro.

Dentro de los aspectos interesantes a destacar se tienen:

- Al inicializarse la aplicación se conecta automáticamente con el Bluetooth (BT) del “Arduino Nano”. Para ello es necesario conocer la dirección del BT del módulo HC-05. Una vez que se conecta, se notifica a través de mensajes de voz y de texto y, por medio de vibraciones. En la figura 12 se muestra este segmento de programa del editor de Bloques del App Inventor.
- Otro aspecto importante es que en el lazo de medición de la APK de los ejes del sensor de aceleración del dispositivo “Android”, se concibe la posibilidad de desactivar, o no, el relé correspondiente a cada electrodoméstico, lo que permite manejar la variante de regresar al estado contrario en que se encuentre el electrodoméstico, dado un cambio en la posición de cada eje. Con esto se garantiza desactivar el relé si está activado o activarlo si no lo está. En la figura 13 se muestra este segmento de bloque donde se programa esta posibilidad.
- Otro aspecto importante que se observa en el diagrama de flujo de la figura 9 es que se puede configurar el valor de salida de los ejes “Y” y “X”. En este caso es de 4 dicho umbral.

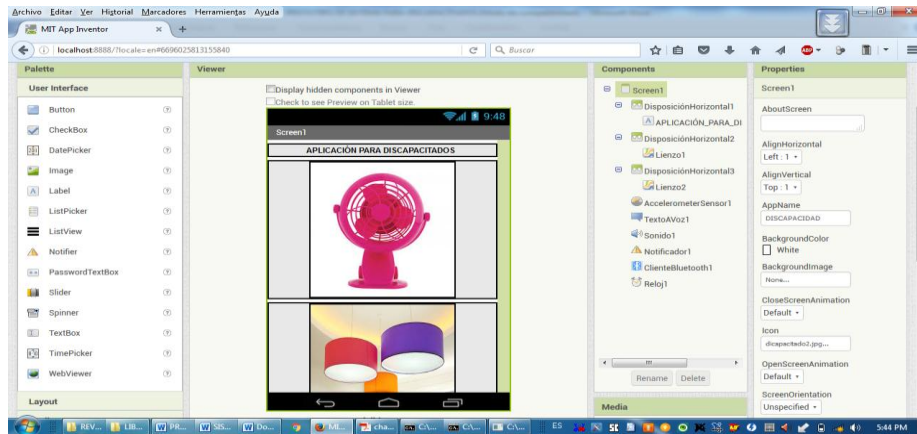


Figura 10

Editor de la sesión de Diseñador con la pantalla de la aplicación que aparecería en el móvil al activarse la “app”.

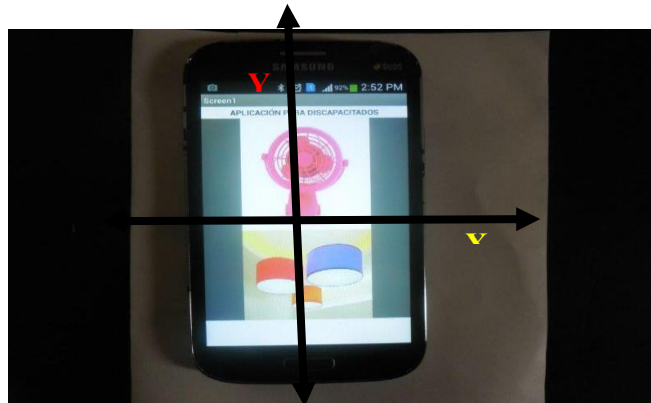


Figura 11.

Aplicación instalada en el móvil, junto con los ejes del acelerómetro que se utilizan.

5.- Diseño de código en placa “Arduino”

A continuación se describe de forma breve, ya que es muy simple, el código en el “Arduino Nano” que completa el accionamiento del sistema de apoyo al discapacitado. La explicación se apoya en el diagrama de flujo de la figura 14. Lo primero que se hace es configurar los terminales de entrada y salida digitales del “Arduino” que se conectan a los relés y al módulo Bluetooth. Posteriormente se lee el terminal serial del Bluetooth y en dependencia del carácter que se reciba del dispositivo “Android”, se activa o desactiva el relé correspondiente.

El carácter que se reciba del dispositivo “Android” dependerá del nivel de inclinación del eje correspondiente del sensor de aceleración del celular, en este caso. Los caracteres que se transmiten son E o A para encender o apagar el relé que se conecta a un ventilador y L o l para activar o desactivar el relé conectado a la lámpara.

6.- Presentación del prototipo del sistema

En este epígrafe se presenta el circuito de prueba en “board” con el que se ha comprobado el funcionamiento del sistema que se propone. En múltiples ocasiones se realizaron movimientos al móvil en ambos ejes y se demostró que con leves movimientos en dichos ejes, hasta el nivel de umbral seleccionado, se realizaron los accionamientos requeridos. También se comprobó que se realizaran todas las notificaciones tanto sonoras, por voz y o de texto, lo que evidenció que cumple con los

requerimientos concebidos para ser usado por personas con discapacidad motora y debilidad visual. Como se observa de la figura 15, se trata de un circuito relativamente simple y por tanto fiable, de poco volumen y de bajo consumo.

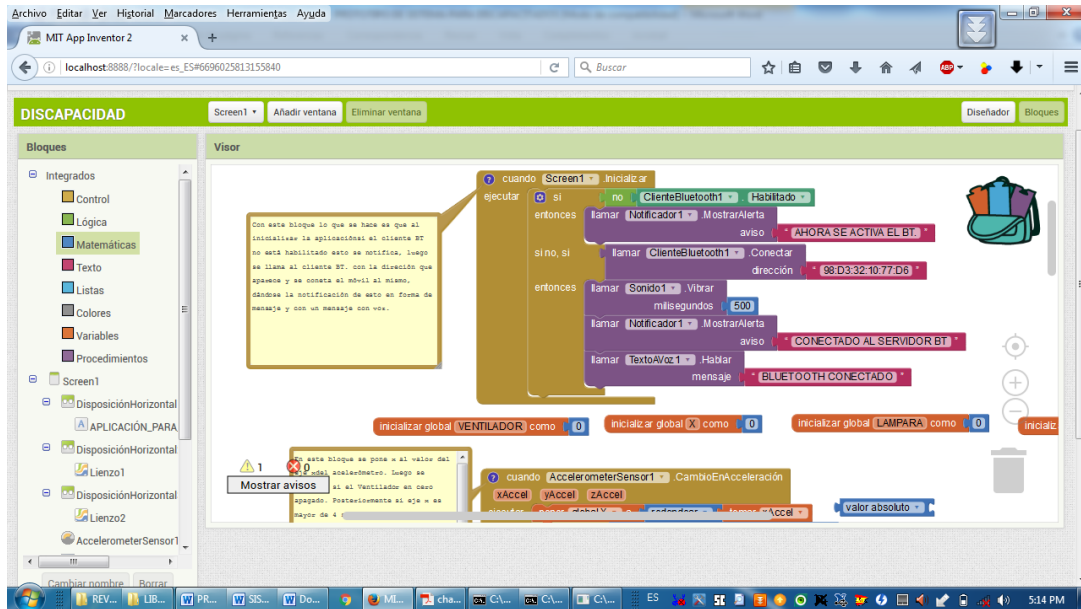


Figura 12.
Editor de bloque del inicio de la "app".

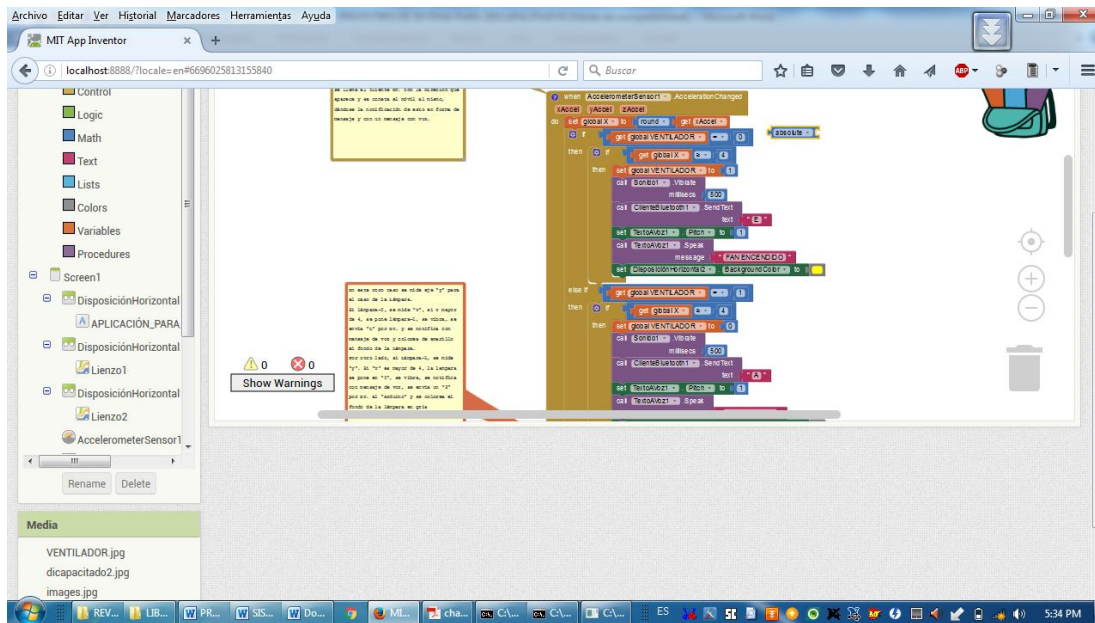


Figura 13.

Segmento de programa del lazo de medición del eje "X" del acelerómetro donde se programa la activación, o no, del relé que conecta uno de los electrodomésticos que maneja el sistema.

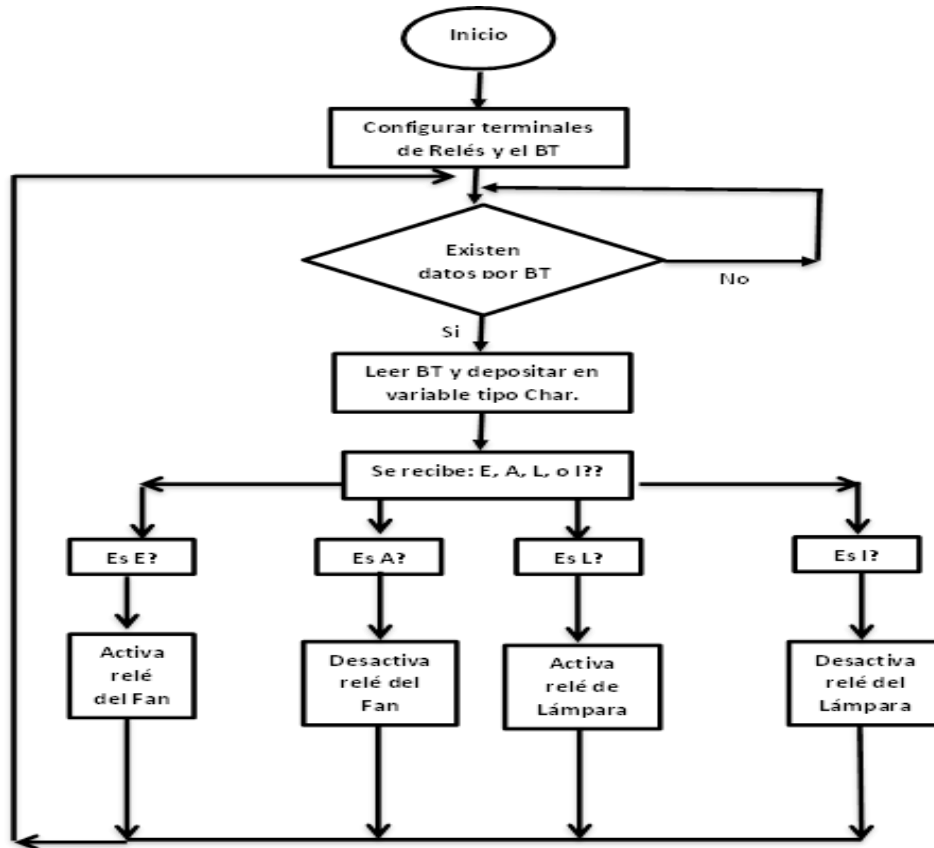


Figura 14.
Diagrama de flujo del código del programa del IDE del “Arduino Nano”.

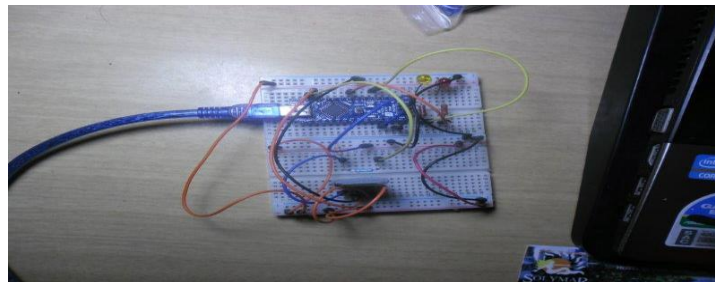


Figura 15.
Foto del circuito electrónico en “board” del “Arduino, Bluetooth y Led de señalización.

Por último, en la figura 16 se muestra la foto de la maqueta de prueba del sistema correspondiente a la parte de accionamiento del sistema junto al dispositivo “Android”. En la misma se observa el “Arduino Nano”, el Bluetooth, los relés, la lámpara y el conector para la alimentación con corriente alterna.

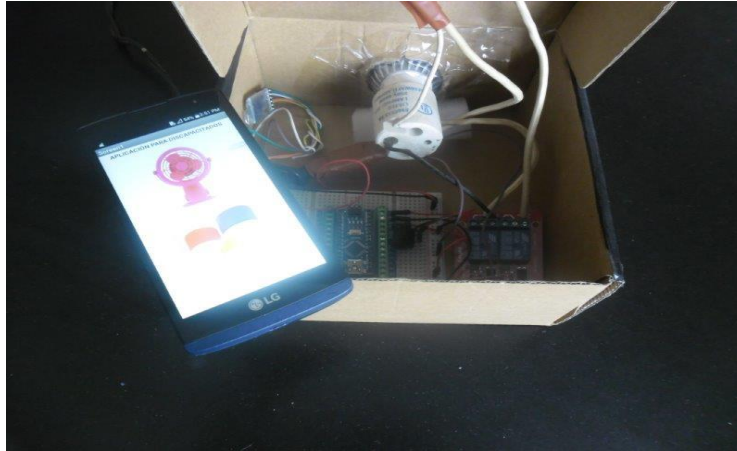


Figura 16.

Foto de la maqueta de prueba del sistema de accionamiento junto con el dispositivo “Android”.

7.- Conclusiones

Como conclusiones se pueden plantear las siguientes:

- Se obtuvo un sistema de apoyo a discapacitados y débiles visuales, no severos, utilizando el sensor de aceleración de un móvil asociado a un circuito electrónico de bajo costo, pequeño volumen, de bajo consumo, fiable, simple y de fácil manejo para las personas con diversidad funcional.
- El diseño que se propone, se ha realizado sin utilizar el escudo “1Sleed”, con el que se tienden a hacer estas implementaciones en la actualidad, con lo que se han disminuido, los costos, el consumo energético y el volumen y peso del dispositivo diseñado.
- La aplicación que se instala en el dispositivo Android, asegura que movimientos débiles en ambos ejes del teléfono (Y y X) propicien el accionamiento de los dispositivos electrodomésticos. No obstante a lo anterior, sería necesaria la comprobación de la eficiencia de su uso por los discapacitados, evaluando además los márgenes de error de los grados de libertad del “Smartphone” en cada eje.
- Debido a las características que presenta el sensor de aceleración del “Android” se podrían aumentar los accionamientos que los señalados, usando el eje que falta y/o diferentes valores de los ejes, como por ejemplo: utilizar los niveles negativos (inclinación inversa a la que se realiza).
- Haber añadido las notificaciones de voz de todas las acciones que va realizando el sistema, lo hace factible para que sea utilizado por personas con debilidad visual no severa.
- Destacar que el costo en componente del sistema, según precios de la empresa AliExpress China, es de 7.16 USD, lo que lo hace atractivo frente a los precios que presentan este tipo de sistema en el mercado internacional.

REFERENCIAS

1. Discapacidad, Convención Internacional Sobre los Derechos de las Personas Discapacitadas, Artículo 1, Propósito, pag 4, marzo de 2007.
2. Convención ONU, Fundación ONCE, consultado el 2 de diciembre de 2012.
3. D. D. C. R. BARRIOS, «Diseño y Construcción de un Prototipo de Bastón Sensorial para Invidentes Mediante Utilización de Ultrasonido,» 2015. [En línea]. Available: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2800/1/Dise%C3%B1o%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20un%20prototipo%20de%20bast%C3%B3n%20sensorial_Deisy%20Rib%C3%B3n_USBCTG_2015.pdf. [Último acceso: 18 Marzo 2016].

4. M. P. Saez, «Aplicaciones para personas con discapacidad,» 5 diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://blogthinkbig.com/aplicaciones-para-personas-con-discapacidad/>. [Último acceso: 27 marzo 2016].
5. A. M. Delgado, «Bastón blanco para prevenir obstáculos,» Agosto 2007. [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11470/21.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 26 Marzo 2016].
6. Alarcón, Cárdena, “Estudio y diseño de un sistema domótico utilizando dispositivos móviles para mejorar la accesibilidad de las personas discapacitadas “, 3er Congreso Internacional AmITIC 2016. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 27-30, septiembre, 2016.
7. S. Cuenca et al., “Diseño e Implementación de un Prototipo de Robot Asistente para Personas con Discapacidad Motriz y Adultos Mayores, basado en Inteligencia Artificial,» 2014. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6779/1/UPS-CT003503.pdf>. [Accessed: 17-Jun-2017].
8. A. D. A. Lopez, “Sistema de Control automático de una ducha eléctrica mediante Reconocimiento de la Voz para personas con Discapacidad en las Extremidades Superiores,» 2015. [Online]. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24812/1/Tesis_t1212ec.pdf.
9. U. de las A. de Puebla, “Sistemas de reconocimiento y síntesis de voz.” [Online]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/ahuactzin_1_a/capitulo1.pdf. [Accessed: 18-Jun-2017].
10. Romero C., Vázquez F, de Castro C; Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes. 3ra ed. Ra-Ma; 2010. ISBN-13: 978-8499640174
11. Smith A., “Introduction to Arduino”, Copyright © 2011 Alan G. Smith, ISBN: 1463698348.
12. Aranda Diego, “Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi”, Colección: Manuales USERS, Ed. Fox Andina en coedición con Dálaga S.A., 2014.
13. RAM Electronics Integrated Solutions at One Place, Bluetooth Transceiver RF Module, E. Society, Ed., 2013.
14. RAM Electronic. Integrated Solution at One Place; Bluetooth Transceiver RF Module Wireless Serial TTL V1.05 Manual, disponible en: www.EMARSociety.com; 5/13/2013.
15. Walter D. y Sherman M., “Learning MIT App Inventor. A Hands-On Guide to Building Your Own Android Apps”, ed. Pearson Education, Inc., ISBN-13: 978-0-133-79863-0, 2015.
16. Moreno, R.A., “Desarrollo de aplicaciones para Android usando MIT App Inventor 2”, Licencia: Creative Commons, 2016. <https://openlibra.com/es/book/desarrollo-de-aplicaciones-para-android-usando-mit-app-inventor-2>
17. Universidad de Salamanca, Servicio de Innovación y Producción Digital, Manual de Introducción de AppInventor. <http://diarium.usal.es/igallego/files/2015/06/Basicos-APPInventor-Manual-de-Introduccion.pdf>
18. Wolber David, Hal Abelson, Ellen Spertus, and Liz Looney, “App Inventor: Create Your Own Android Apps”, O'Reilly Media, Inc., 2011. <http://www.appinventor.org/book2>

AUTOR

Juan Carlos Cruz Hurtado, Ingeniero electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor titular del Centro de Investigaciones en Microelectrónica (CIME) de Facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, La Habana, Cuba, juan.cruz@cime.cujae.edu.cu y sus principales intereses de investigación están en el área de los sistemas electrónicos de adquisición inalámbricos.



Los contenidos de la revista se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License